

Programm
Biomasse

P+D Projekt Nr. 28266, Vertrags Nr. 68181

Co-Vergärungsanlagen

Machbarkeitsstudien auf Kläranlagen

Adelboden und Arbon

ausgearbeitet durch

Hans Engeli, engeli engineering, Hohmatrainstr. 1, 8173 Neerach

Beat Kobel, Ryser Ingenieure AG, Engestrasse 9, 3000 Bern

Projektbegleitung

Ernst A. Müller, "Energie in ARA" Lindenhofstrasse 15, 8001 Zürich

im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

November 2000

Zusammenfassung
Schlussbericht

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung

Das Bundesamt für Energie bewilligte ein nationales Programm (Pilot- und Demonstrationsanlagen P+D) zur Durchführung von Machbarkeitsstudien über die Co-Vergärung auf Kläranlagen. Mit diesen Demonstrationsanlagen sollen die Einsatzmöglichkeiten der Co-Vergärung auf Kläranlagen in der Schweiz an konkreten Beispielen aufgezeigt werden, um damit diese moderne Technologie weiter zu verbreiten.

Bei der Co-Vergärung werden organisches Material, z.B. Küchenabfälle aus der Gastronomie oder aus Lebensmittelbetrieben auf den Kläranlagen verwertet und zur Energieproduktion verwendet. Anstatt die Abfälle - mit beträchtlichen Kostenfolgen zu entsorgen, sollen sie sinnvoll zur Energieproduktion wiederverwendet werden. Kläranlagen stehen dabei besonders im Vordergrund, da sie z.T. bereits über die notwendigen Infrastrukturen (Faulanlage, Blockheizkraftwerk), über ausgebildetes Fachpersonal und geeignete Standorte (nahe bei den Abfalllieferanten) verfügen. Die anfallenden Küchenabfälle werden in den bestehenden Faulanlagen - zusammen mit dem Klärschlamm - mitbehandelt, wodurch Klärgas entsteht.

Klärgas ist ein wertvoller Energieträger und kann ein Blockheizkraftwerk antreiben, welches gleichzeitig Elektrizität und Wärme produziert. Durch die Co-Vergärung von Küchenabfällen in der Faulung kann also zusätzliches Klärgas und damit zusätzliche Elektrizität und Wärme erzeugt werden. Dadurch können die Energiekosten einer Kläranlage gesenkt werden.

Die vorliegende Studie hatte die Aufgabe, an konkreten Kläranlagen in der Schweiz

- die Machbarkeit (Technik, Kläranlagenbetrieb, Verordnungen/Gesetze),
- das Potenzial der zusätzlichen Energieproduktion und
- die Wirtschaftlichkeit der Co-Vergärung aufzuzeigen.

Für dieses Programm wurden die beiden Kläranlage Arbon und Adelboden ausgewählt. Der Gemeinderat von Adelboden stimmte einer Anfrage sofort zu. In Adelboden wurde die energetische Feinanalyse mit Schwerpunkt Co-Vergärung von praxiserfahrenen Abwasserfachleuten der Firma Ryser Ingenieure AG, dem Vergärungsspezialisten engeli engineering und dem Verfahrensspezialisten Kappeler Umwelt Consulting AG durchgeführt.

Der Abwasserzweckverband Morgental der Region Arbon (AVM), beauftragte bereits früher das Ingenieurbüro TBF + Partner AG aus Zürich mit der Ausarbeitung einer energetischen Feinanalyse. Das Büro engeli engineering wurde ergänzend dazu mit den notwendigen Abklärungen über den Einsatz einer Co-Vergärung beauftragt.

ARA NEUWEG, ADELBODEN

Ausgangslage der Kläranlage Adelboden

Die Kläranlage im bekannten Wintersportort Adelboden ist seit zwanzig Jahren in Betrieb. Dadurch müssen altersbedingt diverse Teile der Kläranlage ersetzt oder saniert werden. Dies war auch die Gelegenheit, eine systematische Energieanalyse zur energetisch/ökologischen Verbesserung, zur Einsparung bei den Energiekosten und für betriebliche Optimierungen auf der ARA Neuweg durchzuführen. Angesichts der Entsorgungsprobleme mit den Küchenabfällen aus den Hotels und Restaurants interessierte sich der Gemeinderat auch für den alternativen Entsorgungsweg mit einer Co-Vergärung.

Die Kläranlage Adelboden wurde bereits in der Vergangenheit energetisch recht gut betrieben. Zudem hat das Klärwerkpersonal bereits früher Energiesparmassnahmen realisiert. Die Kläranlage verfügt trotzdem über ein sehr grosses, weiteres Energiepotenzial, da das wertvolle, anfallende Klärgas noch nicht in einem Blockheizkraftwerk zur gleichzeitigen Erzeugung von Elektrizität und Wärme verwertet wird. Ein grosser Teil des Faulgases wird heute noch ungenutzt abgefackelt.

Die Kläranlage zahlt heute zur Deckung ihres Energiebedarfes jährlich Fr. 39'100.--. Die Energiekosten sind deutlich zurückgegangen, nachdem im letzten Jahr die Hygienisierung ausser Betrieb genommen wurde, weil der Klärschlamm in der Landwirtschaft nicht mehr abgesetzt werden konnte.

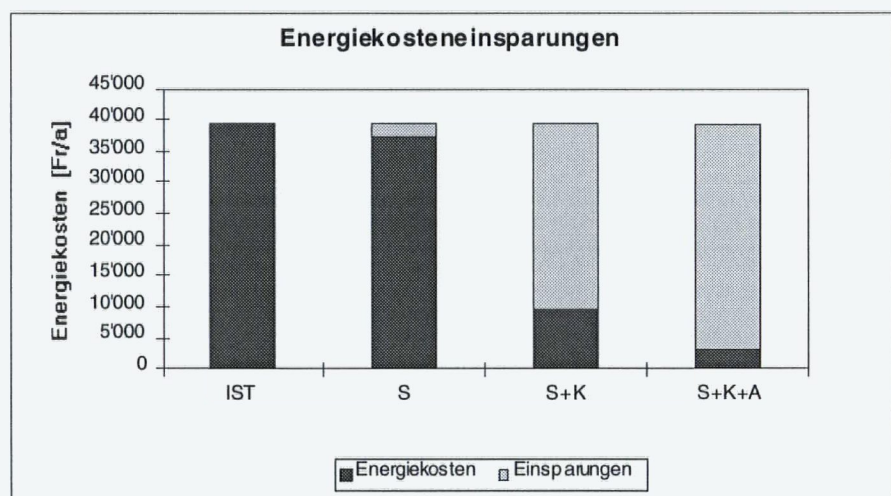
Gesamtresultat der energetischen Feinanalyse

Die beauftragten Ingenieure zeigen ein Paket von realisierbaren Energiesparmassnahmen auf. Mit diesem Massnahmenpaket inklusive der Co-Vergärung können die Energiekosten der Kläranlage Adelboden bei heutigen Energiepreisen - um 92% reduziert werden. Dadurch kann in Zukunft 86% des gesamten Elektrizitätsbedarfes durch den eigenen, erneuerbaren Energieträger Klärgas selbst abgedeckt werden und der Wärmebedarf weiterhin beinahe vollständig. Die zusätzlichen Investitionen, welche für die energiebedingten Massnahmen notwendig sind, zahlen sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht aufgrund der sehr hohen Investitionskosten der Co-Vergärungsanlage jedoch nicht ganz aus. Insgesamt dürfte die Lösung mit der Co-Vergärungsanlage jedoch günstiger zu stehen kommen als andere Entsorgungswege.

Der heutige Elektrizitätsverbrauch von 242'000 kWh/a kann einerseits mit Sparmassnahmen um rund 19% gesenkt werden; insbesondere mit der Installation einer effizienten Membranbelüftung, dem Ersatz der Beckenkronenheizung durch ein Zugseil und der betrieblichen Anpassung der Elektroheizung im Rechengebäude (nur noch bei Frostschutzgefahr einschalten). Den grössten Beitrag aber liefert das Blockheizkraftwerk, dass bei Realisierung der Co-Vergärung 167'900 kWh/a Elektrizität erzeugen kann.

Mit dem BHKW inklusive Co-Vergärung und den diversen Sparmassnahmen resultiert eine Reduktion des Elektrizitätsbezuges um 214'000 kWh/a oder um 88%. Das reicht vergleichsweise aus, um den Elektrizitätsbedarf von Schulbauten mit 800 Schülern abdecken zu können.

Für das gesamte Paket der Energiesparmassnahmen und das BHKW inklusive Co-Vergärung (einfache Aufbereitungsvariante) sind Investitionen von ca. 0,57 Mio Fr. notwendig. Rund 0,22 Mio Fr. davon müssen für Werterhaltung und Unterhalt ohnehin aufgewendet werden, für energiebedingte Massnahmen sind somit noch Investitionen von ca. 0,35 Mio Fr. aufzubringen. Bei einem angenommen Zinssatz von 5% und einer Amortisationszeit von 10 - 15 Jahren sowie den anfallenden Unterhaltskosten (z.B. Service für das BHKW) resultieren jährliche Kosten von ca. Fr. 60'000.--. Auf der anderen Seite ergeben sich beträchtliche Energiekosteneinsparungen sowie Einnahmen aus der Entsorgung der Küchenabfälle und Speiseöle von den Gastrobetrieben, von ca. Fr. 43'000.-
- Ohne Subventionen ist die finanzielle Bilanz des gesamten Energiemassnahmenpaktes aus betriebswirtschaftlicher Sicht somit nicht ausgeglichen.



Entwicklung der Energiekosten

S = Sofortmassnahmen, K = kurzfristige Massnahmen
A = abhängige Massnahmen (Co-Vergärung)

Co-Vergärung: Machbar und interessanter Entsorgungsweg

Statistische Erhebungen und Befragungen vor Ort ergaben, dass in den Gastronomiebetrieben von Adelboden jährlich rund 150 Tonnen Küchenabfälle anfallen. Die Hälfte davon wird heute als Schweinefutter verwendet, für die andere Hälfte sucht die Gemeinde einen nachhaltigen, wirtschaftlich vertretbaren Entsorgungsweg. Für die Co-Vergärung auf der Kläranlage stehen also mindestens 75 t/a Küchenabfälle plus zusätzlich rund 3,4 t/a Speiseöl zur Verfügung. Daraus könnten auf der Kläranlage zusätzlich rund 15'000 m³/a Klärgas produziert werden oder rund 20% mehr als ohne Co-Vergärung.

ZUSAMMENFASSUNG

CO-VERGÄRUNGSANLAGEN

P+D Projekt Nr. 28266 Machbarkeitsstudien auf Kläranlagen
Adelboden und Arbon

Die bestehende Faulanlage auf der Kläranlage verfügt aufgrund der Untersuchungen über die Schlammaufenthaltszeit und über die organische Faulraumbelastung über genügend Kapazität, um die zusätzlichen Küchenabfälle und die Speiseöle aufnehmen zu können. Das im Sanierungsprojekt ohnehin geplante Blockheizkraftwerk muss ebenfalls nicht vergrössert werden; durch die Co-Vergärung wird die Auslastung des BHKW erhöht.

Bei der Faulanlage und beim BHKW sind also wegen der Co-Vergärung keine zusätzlichen Investitionen notwendig, jedoch für die Aufbereitung der Küchenabfälle, damit diese ohne Probleme in der Faulanlage verwertet werden können. Für die Aufbereitungsanlage stehen zwei Varianten zur Verfügung - eine einfache Aufbereitung und eine automatische Aufbereitung der Rüstabfälle. Beide können im frostsicheren Rechengebäude untergebracht werden. Die einfache Variante beansprucht einen gewissen personellen Mehraufwand, weshalb die Gemeindeverantwortlichen die automatische Aufbereitung bevorzugen.

Die fachlichen Abklärungen haben gezeigt, dass die Auswirkungen der Co-Vergärung sowohl auf den Kläranlagenbetrieb (Reinigungsverfahren) als auch auf den Vorfluter und den Klärschlamm gering sind. Gespräche mit den zuständigen amtlichen Stellen haben ergeben, dass die vorgeschlagene Realisierung einer Co-Vergärungsanlage in Adelboden die Vorgaben von Bund und Kanton erfüllen. Das kantonale Gewässerschutzamt hat deshalb die Co-Vergärung befürwortet.

Dank der Co-Vergärung könnten mit dem BHKW zusätzlich rund 28'900 kWh/a Elektrizität und 50'000 kWh/a Wärme erzeugt und die Energiekosten über 15 Jahre um rund Fr. 96'000.-- reduziert werden. Dem stehen zusätzliche Investitionen von ca. Fr. 100'000.-- für die einfache Aufbereitung resp. Fr. 310'000.-- für die automatische Aufbereitungsanlage und jährliche Unterhalts- und Annahme- resp. Handlingsaufwendungen von ca. Fr. 11'000.-- resp. Fr. 8'100.-- gegenüber. Die höheren Entsorgungskosten für den zusätzlichen Klärschlamm aus der Co-Vergärung (Fr. 5'850.-- pro Jahr) sowie die Einnahmen von den Gastronomiebetrieben für die Entsorgung der Küchenabfälle und des Speiseöls (Fr. 5'300.-- pro Jahr) gleichen sich für die ARA Adelboden etwa aus.

Insgesamt werden dank der Co-Vergärung mit dem BHKW rund 20% mehr Elektrizität produziert, die Elektrizitätskosten können damit nochmals halbiert und die Eigenversorgung der Kläranlage auf den hervorragenden Wert von 86% gesteigert werden. (Würden sämtliche Küchenabfälle aus Adelboden der Co-Vergärung zugeführt werden, so könnte die Kläranlage Adelboden energieautark betrieben werden.) Die Co-Vergärung verbessert die Wirtschaftlichkeit des BHKW, so dass das BHKW mit Co-Vergärung - sogar ohne Subventionen von Bund und Kanton gerechnet - nahe an die betriebswirtschaftliche Schwelle gelangt.

Das BHKW mit der Co-Vergärung bietet der ARA bzw. der Gemeinde Adelboden eine interessante wirtschaftliche Option. Der produzierte Strom aus dem erneuerbarem Klärgas ist wertvoller Ökostrom. Da zahlreiche Kunden bereit sind, für solchen Ökostrom auch höhere Strompreise zu zahlen, haben heute Elektrizitätswerke an diesem Ökostrom aus Klärgas

auch ein unternehmerisches Interesse. Sie sind auch bereit, für solche Anlagen ein Contracting anzubieten. Da das BHKW mit Co-Vergärung auf der ARA Neuweg mit den in Aussicht stehenden Subventionen auch betriebswirtschaftlich interessant werden könnte, ist für die Gemeinde Adelboden ein Contracting erst in zweiter Priorität von Interesse, z. B. bei grösseren Finanzierungsproblemen.

Die Co-Vergärung ist auf der Kläranlage Adelboden machbar, leistet einen grossen Beitrag zur energetischen Eigenversorgung und bietet der Gemeinde auch aus wirtschaftlicher Sicht eine interessante Variante für die Entsorgung der Küchenabfälle an.

Empfehlung und nächste Schritte

Aufgrund der ausgewiesenen Erläuterungen über die technische Machbarkeit, den energetischen/ökologischen Vorteilen und den finanziellen Aspekten schlagen wir der ARA Neuweg bzw. dem Gemeinderat von Adelboden vor, folgende Schritte zu prüfen:

1. Sofortmassnahmen realisieren (Investitionen von rund Fr. 3'000.--)
2. Finanzgesuch bei Bund und Kanton für BHKW/Co-Vergärung einreichen.
3. BHKW und Co-Vergärung projektieren (Investitionen von ca. Fr. 300'000.-- für die einfache Aufbereitung resp. ca. Fr. 510'000.-- für die automatische Aufbereitung.)
4. Restliche Massnahmen aus Feinanalyse, v.a. Membrantiefenbelüfter im Rahmen des Sanierungsprojektes angehen.
5. Prüfen, ob der Strom aus der Produktion mit erneuerbarem Klärgas als wertvoller Ökostrom verkauft werden kann, z.B. auch lokal an Einheimische und Tourismus.

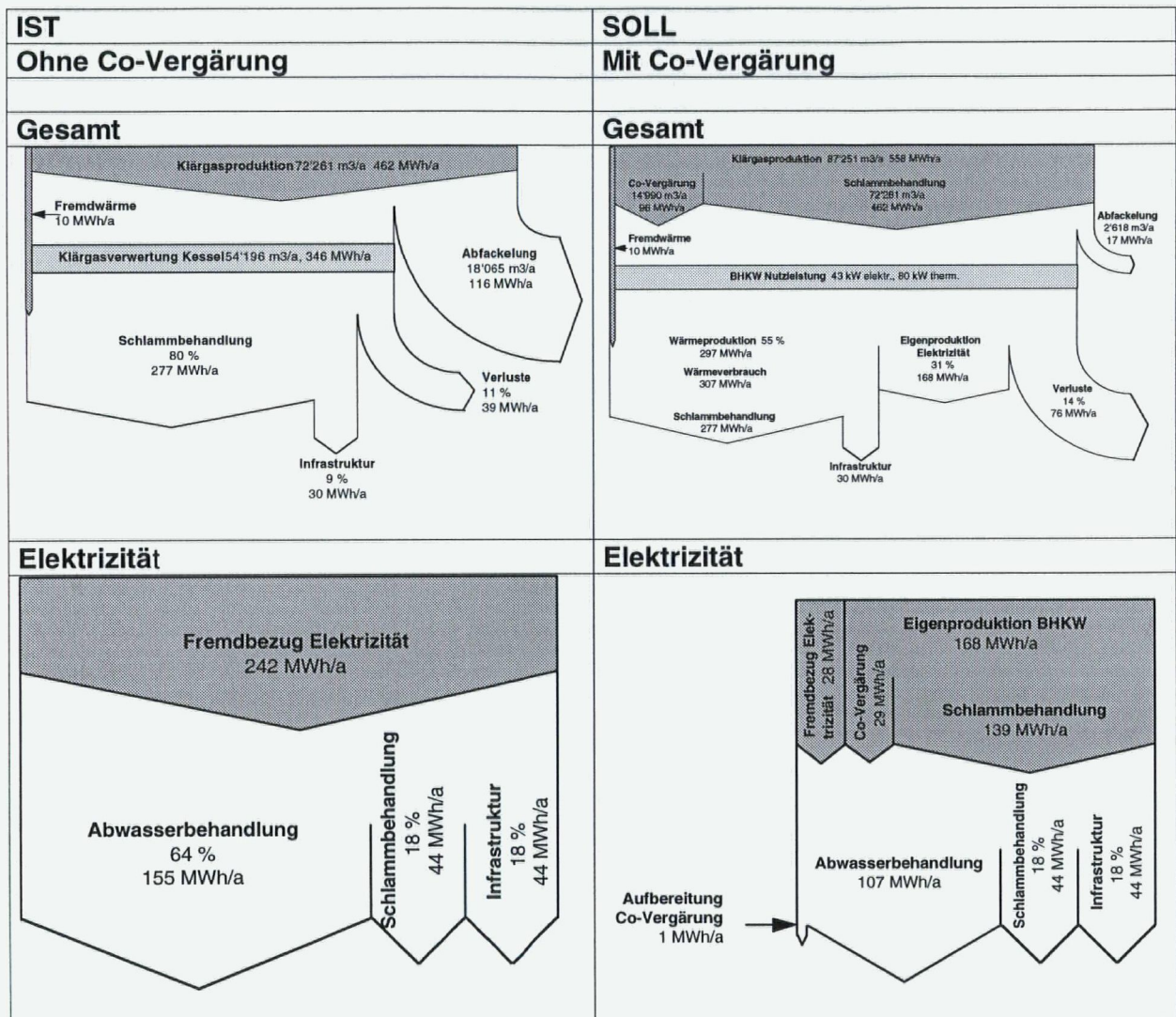
Damit kann die ARA Adelboden folgende positive Punkte erzielen:

1. Kläranlage wird energetisch vorbildlich und verfügt mit der Co-Vergärung über eine Attraktion (PR für Tourismusgebiet Adelboden).
2. Energiekosten um 90% senken (rund Fr. 540'000.-- über 15 Jahre).
3. Kläranlage wird dank "erneuerbarem" Klärgas beinahe energieautark.
4. Reinigungsleistung kann weitgehend eingehalten werden.
5. Verwertung anstelle aufwendiger Entsorgung der Küchenabfälle.
6. Optimale Lösung zur langfristigen Entsorgung des Klärschlammes.

ANHANG

Das nachfolgende Energieflussdiagramm gibt den energetischen IST- und SOLL-Zustand wieder:

Energieflussdiagramm ARA Neuweg, Adelboden



Resultate

- Reduktion des Elektrizitätsbezuges um 214 MWh
- Entsorgung von 75 Tonnen Küchenabfällen und 3.4 Tonnen Speiseöl

ARA MORGENTAL DER REGION ARBON AVM

Ausgangslage der Kläranlage Morgental

Die ARA Morgental in Arbon wurde in den siebziger Jahren gebaut und am 1. Mai 1973 in Betrieb genommen. In der Zwischenzeit wurden verschiedene Erneuerungen durchgeführt. Insbesondere wurden 1994 zwei Blockheizkraftwerke installiert. Damit konnten die Stromkosten von Fr. 36'000.- auf Fr. 15'000.- pro Monat reduziert werden. Im Jahre 1996 wurde eine energieeffiziente Tiefenbelüftung installiert. Im Zusammenhang mit der Schlammbehandlung wurde der Wärmehaushalt optimiert.

Betreffend der ARA Morgental wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Ermittlung des Potenzials an verfügbaren Abfällen
- Auswirkungen der Co-Vergärung auf die Faulanlage
- Auswirkungen der Co-Vergärung auf die Klärgasproduktion
- Integration der Anlagentechnik in die bestehende Kläranlage
- Kosten der Anlagentechnik
- Kosten der notwendigen Infrastruktur
- Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen des P+D Programmes des BFE wurde in einer gesamtheitlichen Studie die Machbarkeit, die Wirtschaftlichkeit und das nutzbare Potenzial der Co-Vergärung zur Energieproduktion aus biogenen Abfällen aufgezeigt.

Gesamtresultate der Abklärungen zur Co-Vergärung

Die Ergebnisse der bearbeiteten Schwerpunkte lassen sich wie folgt zusammen fassen:

- ⇒ Im Einzugsgebiet der ARA Morgental besteht ein Potenzial von rund 150 t/a Küchenabfällen und 500 t/a Lebensmittelabfällen für die Co-Vergärung.
- ⇒ Die Kapazität des Faulturmes reicht aus, um das gesamte Potenzial von 650 t/a Co-Substraten zusammen mit dem Schlamm der ARA zu vergären. Die Auswirkungen auf die Biologie und den Vorfluter sind vernachlässigbar.
- ⇒ Der zusätzlich durch die Co-Vergärung zu erwartende Gasertrag beträgt für die Küchenabfälle 22'500 m³/a und für die Küchen- und Lebensmittelabfälle 72'500 m³/a bzw. zwischen 4 % und 14 % des Klärgasertrages aus der Schlammfäulung (531'000 m³/a).
- ⇒ Durch die Co-Vergärung lassen sich zusätzlich zwischen 44'000 kWh/a und 141'000 kWh/a Strom produzieren.

- ⇒ Damit können zwischen 2 % und 7 % des Elektrizitätsverbrauches (2'055 MWh/a, 1999) zusätzlich produziert werden bzw. die eigene Elektrizitätsproduktion (712 MWh, 1999) lässt sich zwischen 6 % und 20 % steigern.
- ⇒ Der elektrische Eigenversorgungsgrad könnte von 35 % auf maximal 43 % angehoben werden.
- ⇒ Die Investitionskosten für die gesamte Co-Vergärungsanlage betragen rund Fr. 285'000.-.
- ⇒ Es hat sich gezeigt, dass ab rund 150 Jahrestonnen eine mit der Kehrichtverbrennung konkurrenzfähige Verwertung von geeigneten Stoffen mit der Co-Vergärung möglich sein kann.
- ⇒ Ab rund 500 Jahrestonnen wird die Co-Vergärung auch mit der Kompostierung bzw. der Schweinefütterung konkurrenzfähig, was bei der Nutzung des vorhandenen Potenzials der Fall ist.
- ⇒ Eine ökologisch sinnvolle und nachhaltige Speiserestenverwertung wie die Co-Vergärung wird von den für die Abfallverwertung zuständigen Stellen begrüsst.

Empfehlung und nächste Schritte

Aufgrund der oben zusammengefassten Ergebnisse schlagen wir der ARA Morgental vor, folgende Schritte zu prüfen:

1. Das Projekt Co-Vergärung soll weiter verfolgt werden
2. Abfallmengenerhebung im Einzugsgebiet durchführen
3. Finanzhilfegesuch ans Bundesamt für Energie und Kanton einreichen
4. Ersatz BHKW und Aufbereitung für Co-Vergärung in Planung aufnehmen

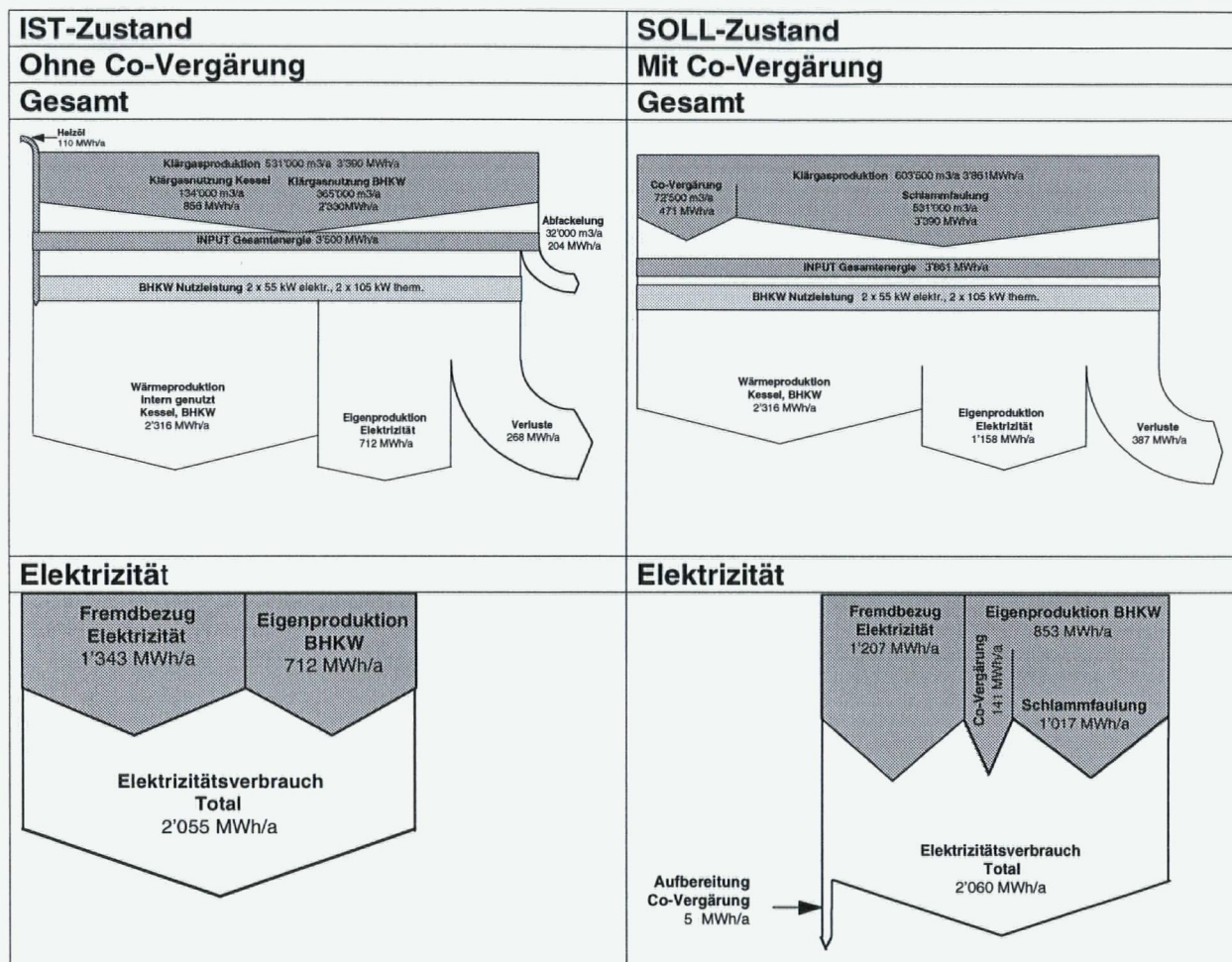
Damit lassen sich für die ARA Morgental folgende Ergebnisse erzielen:

1. Das vorhandene Klärgas kann vollständig im BHKW verwertet werden.
2. Der Fremdenergiebezug lässt sich weiter senken.
3. Für die Verwertung der Speisereste steht eine ökologisch sinnvolle Lösung zur Verfügung.
4. Die Reinigungsleistung der ARA wird nicht beeinträchtigt.

ANHANG

Das nachfolgende Energieflussdiagramm gibt den energetischen IST- und SOLL-Zustand wieder:

Energieflussdiagramm ARA Morgental, Arbon



Resultate

- Reduktion des Elektrizitätsbezuges um 136 MWh
- Reduktion des heizölbezuges um 110 MWh
- Entsorgung von 650 Tonnen Küchen- und Lebensmittelabfälle